

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Setelah peneliti melakukan telaah terhadap beberapa penelitian, ada beberapa yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang peneliti lakukan.

Penelitian yang pertama yang berhasil peneliti temukan adalah penelitian yang dilakukan oleh Abdur razaq yang berjudul “Perancangan Filter Purifikasi Biogas Menggunakan *Wet Scrubber*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perancangan wet scrubber untuk pemurnian polutan pada biogas menggunakan media air. Scrubber yang akan digunakan pada penelitian ini adalah dengan model *Tray Tower Scrubber*. *Scrubber* tersebut berbentuk vertikal, dimana bagian dalam dari kolom berisi sejumlah *tray* atau *plate* yang disusun pada jarak tertentu (*tray/plate spacing*) di sepanjang kolom. Gas yang mengalir dari bagian bawah *Scrubber* akan melintas dari lubang-lubang yang ada pada setiap pelat yang digenangi oleh aliran air yang mengalir dari bagian atas *scrubber* (Razaq, 2016).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan desain *wet scrubber* yang digunakan dapat mengurangi kandungan CO<sub>2</sub> yang sebelumnya 45 % volume menjadi 40,37 %. Dengan catatan tidak adanya tindak lanjut dari air setelah proses pencucian gas yang dilakukan serta desain *wet scrubber* tidak mempertimbangkan bahan pembuatan yang dilakukan sehingga badan *scrubber* mengalami korosi dan banyak kotoran yang menempel. Untuk kasus tersebut dapat disimpulkan alat yang sdh dibuat tidak bisa digunakan dalam jangka waktu yang lama.

Penelitian yang kedua yang berhasil peneliti temukan adalah penelitian yang dilakukan oleh Toni Suhartono yang berjudul “Rancang Bangun Cylone Dan Wet Scrubber Pada Incinerator Untuk Mencegah Terjadinya Pencemaran Udara”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencegah terjadinya pencemaran udara dari hasil pengolahan sampah. Selain itu penelitian ini juga bertujuan merancang bangun sistim yang dapat menyaring partikel gas buang beracun hasil pembakaran

sampah pada dapur bakar menjadi gas buang yang ramah lingkungan yaitu dengan membuat perangkat *Cyclone* dan *Wet Scrubber*. Jenis *Wet Scrubber* yang dibuat merupakan jenis *Spray Tower* dengan konsep *pugh matrix* yang diperoleh model *single cyclone* dan model *spray tower*. Pengujian dilakukan dengan meneliti air hasil pencucian gas dengan menggunakan anemometer (suhartono, 2015)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak partikel debu yang terbawa air dari *shower* masuk kedalam bak penampung membuat asap yang keluar semakin bersih. Terdapat saran dari penulis, yaitu berupa penambahan filter pada bagian cerobong asap atau mengalirkan laluan asap kedalam bak untuk mendapatkan hasil yang maksimal berupa asap yang lebih bersih. dan juga untuk mengetahui kandungan gas beracun dalam gas buang sebaiknya dilakukan uji emisi.

Beberapa penelitian diatas memiliki persamaan dengan penelitian yang peneliti lakukan yaitu mengenai tema yang peneliti lakukan, sama-sama meneliti yang bertujuan untuk mengurangi polutan di masing-masing objek penelitian yang dilakukan. Sedangkan perbedaanya yaitu mengenai objek dan tempat yang diteliti. Penelitian yang akan peneliti lakukan lebih fokus pada ruang tempa pada bengkel Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya. Selain itu juga terdapat variasi alat yang telah peneliti buat, yaitu dengan metode sirkulasi air dan penambahan filter pada ruang cuci gas emisi.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Kandungan Emisi Pembakaran Batu Bara**

Penempaan(*forging*) adalah proses pembentukan logam secara plastis dengan mempergunakan gaya tekan untuk mengubah bentuk atau ukuran dari logam yang dikerjakan. Bahan bakar yang digunakan dalam proses tempa yang ada di bengkel Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya menggunakan batu bara. Sepanjang siklus pemanfaatannya batubara menimbulkan kerusakan yang tak dapat diperbaiki pada bumi dan manusia di dalamnya. Siklus hidup batubara mulai dari bawah tanah hingga ke limbah beracun yang dihasilkannya, biasanya disebut sebagai rantai kepemilikan. Rantai kepemilikan ini memiliki tiga rantai utama penambangan, pembakaran, sampai ke pembuangan limbahnya. Setiap

bagian dari rantai ini, menimbulkan daya rusak yang harus ditanggung bumi dan manusia didalamnya.

Batubara disebut sebagai bahan bakar yang “tidak bersih” karena mengeluarkan emisi polutan yang lebih besar dibanding BBM dan gas. Proses pembakaran merupakan salah satu sumber emisi polutan yang tidak dikehendaki karena dapat mengganggu lingkungan, baik karena jumlahnya (kadarnya) maupun beragamnya jenis polutan. Dampak-dampak tersebut di atas dapat bersifat lokal, regional maupun global. Pada pembakaran batubara dihasilkan emisi dan limbah yang dapat mengganggu lingkungan. Beberapa polutan yang terbentuk pada pembakaran batubara diantaranya adalah abu, oksida belerang, oksida nitrogen, karbonmoksida, asap dan gas hidrokarbon, dan karbondioksida (pusdiklat-minerba.esdm.go.id, 2015)

### **1. Abu**

Pengaruh abu terhadap lingkungan umumnya bersifat lokal sampai regional. Apabila abu batubara terhisap oleh manusia maka pernapasan dapat terganggu. Malahan abu yang mengandung kadar silika tinggi dapat menyebabkan silikosis.

Kebanyakan unsur-unsur yang ada dalam kerak bumi dapat dideteksi dalam batubara. Banyak dari unsur-unsur tersebut terdapat dalam kadar yang runtu tetapi bersifat toksik terhadap tanaman, binatang dan juga manusia apabila dalam dosis yang tinggi. Unsur-unsur tersebut dikenal sebagai unsur-runutan (*trace element*) yang umumnya logam berat. Beberapa unsur-runutan yang sering terdapat dalam batubara diantaranya adalah As, B, Cd, Pb, Hg, Mo, Se dll. Unsur-unsur runutan tersebut dapat terbawa gas buang dan menempel ke abu terbang. Sebagian unsur runutan dalam abu terbang akan tertangkap oleh penangkap debu kemudian dibuang ke tempat penimbunan abu (*ash disposal*). Dalam penimbunan ini perlu diwaspadai adanya pelindihan (*leaching*) unsur runutan oleh air hujan kemudian masuk ke air tanah sehingga menyebabkan pencemaran. Sebagian unsur runutan terbawa oleh gas buang ke udara bersama abu terbang yang tidak tertangkap.

## 2. Oksida Belerang

Sebagian  $\text{SO}_2$  yang diemisikan ke udara dapat teroksidasi menjadi  $\text{SO}_3$  yang apabila berreaksi dengan uap air menjadi kabut asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) yang selanjutnya menjadi sumber hujan asam. Pengaruh oksida belerang yang diemisikan ke udara dapat bersifat regional maupun lokal. Salah satu pengaruh secara regional adalah terbentuknya hujan asam yang mengganggu pertanian, yakni menurunkan produktivitas karena rusaknya daun dan hilangnya zat hara dalam tanah. Secara lokal oksida belerang dapat mengganggu pernapasan pekerja atau penduduk di sekitar titik emisi dan juga menyebabkan terjadinya korosi terhadap peralatan yang terbuat dari logam, terutama besi.

Baku mutu emisi  $\text{SO}_2$  untuk boiler pembangkit listrik berdasarkan Kepmen 13/MENLH/3/1995 yang berlaku efektif sejak tahun 2000 adalah sebesar  $750 \text{ mg/Nm}^3$ . Baku mutu ini jauh lebih ketat dibanding dengan yang berlaku sebelum tahun 2000 yakni sebesar dua kalinya,  $1500 \text{ mg/Nm}^3$ . Dampak dari pemberlakuan baku mutu yang lebih ketat tersebut adalah terhadap batubara yang digunakan yakni harus mempunyai kadar belerang lebih rendah.

Emisi oksida belerang dapat dikurangi memilih batubara dengan kadar belerang yang rendah yang emisi  $\text{SO}_2$  pada pembakaran tidak melampaui baku mutu. Blending antara batubara kadar belerang tinggi dan kadar belerang rendah juga dapat menghasilkan batubara dengan kadar belerang lebih rendah. Alternatif lain adalah dengan menggunakan sistem pembakaran yang tepat, misalnya dengan sistem *fluidized bed*.

## 3. Oksida Nitrogen

Pengaruh oksida nitrogen ( $\text{NO}_2$ ) terhadap lingkungan mirip dengan oksida belerang, yakni bersifat lokal sampai regional dan dapat bereaksi dengan uap air menjadi kabut asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) yang menyebabkan hujan asam. Gangguan pernapasan pekerja atau penduduk di sekitar titik emisi, dan terjadinya korosi peralatan juga dapat diakibatkan oleh emisi oksida nitrogen.

Baku mutu emisi  $\text{NO}_2$  untuk boiler pembangkit listrik berdasarkan Kepmen 13/MENLH/3/1995 yang berlaku efektif sejak tahun 2000 adalah sebesar  $850 \text{ mg/Nm}^3$ . Baku mutu ini juga jauh lebih ketat dibanding dengan yang berlaku

sebelum tahun 2000 yakni sebesar dua kalinya, 2000 mg/Nm<sup>3</sup>. Dampak dari pemberlakuan baku mutu yang lebih ketat tersebut adalah terhadap sistem pembakaran batubaranya, yakni harus dipilih sistem atau cara pembakaran yang menghasilkan emisi NO<sub>2</sub> rendah.

#### **4. Karbon monoksida**

Pengaruh karbonmonoksida (CO) umumnya bersifat lokal, yakni terhadap pekerja di sekitar tungku pembakaran. Dampaknya adalah karena kemampuan CO berreaksi dengan hemoglobin darah sehingga terbentuk *carboxyhaemoglobin*. Akibatnya kemampuan darah untuk membawa oksigen menjadi menurun.

#### **5. Asap dan Gas Hidrokarbon**

Disamping merendahkan efisiensi pembakaran, terbentuknya asap dan gas dapat mengganggu lingkungan. Pengaruh asap dan gas hidrokarbon umumnya bersifat lokal sampai regional. Asap yang tebal akan menutup cahaya matahari sehingga proses fotosintesis daun tanaman dan pembentukan vitamin D kulit (manusia) terganggu. Disamping itu, partikel-partikel karbon yang terserap manusia dapat mengganggu pernapasan. Sedangkan gas hidrokarbon seperti poli aromatik hidrokarbon (PAH) bersifat karsinogen, menyebabkan kanker.

#### **6. Karbondioksida**

Gas CO<sub>2</sub> sendiri sebetulnya bukan merupakan polutan berbahaya yang langsung mengganggu kesehatan karena gas ini juga terbentuk pada pernapasan manusia. Pengaruh gas CO<sub>2</sub> terhadap lingkungan adalah sebagai unsur utama pembentuk efek rumah kaca (*green house effect*). CO<sub>2</sub> adalah gas yang transparan dan dapat tertembus oleh cahaya matahari, tetapi gas ini juga menyerap sebagian radiasi sinar infra merah. Sebagian energi sinar infra merah tersebut kemudian dilepaskan kembali sehingga terjadi pemanasan bumi. Selanjutnya meningkatnya suhu bumi mengakibatkan pemanasan global dan dapat mencairkan es di kutub sehingga permukaan air laut naik.

Dibandingkan dengan polutan-polutan lainnya, pengaruh gas CO<sub>2</sub> lebih bersifat global atau mendunia, yakni emisi yang dilakukan di suatu tempat dapat

mengakibatkan efek ke seluruh dunia seperti kejadian efek rumah kaca. Oleh karena itu, kemudian timbul *Kyoto Protocol* yang mengharuskan negara-negara maju mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub>. Untuk negara-negara berkembang didorong mengurangi emisi CO<sub>2</sub> dengan diberi fasilitas Clean Mechanism Development (CDM) yakni mendapat insentif untuk setiap pengurangan emisi CO<sub>2</sub>.

### **2.2.2 Hukum Yang Mengikat**

Politeknik Negeri Sriwijaya Sebagai lembaga pendidikan yang menaungi jurusan Teknik Mesin juga harus ikut aktif dalam upaya pencegahan pencemaran udara sesuai dengan **Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara** bagian kedua pasal 21.b yang berisi melakukan pencegahan dan/atau penanggulangan pencemaran udara yang diakibatkan oleh usaha dan/atau kegiatan yang dilakukan.

Selain itu, pelaksanaan pengendalian pencemaran udara juga diatur dalam **Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 12 Tahun 2010** Bab 1 Pasal 1 menyatakan bahwa :

1. Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan.
2. Pengendalian pencemaran udara adalah upaya pencegahan dan/atau penanggulangan pencemaran udara serta pemulihan mutu udara.
3. Sumber pencemar adalah setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan bahan pencemar ke udara yang menyebabkan udara tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya.
4. Udara ambien adalah udara bebas dipermukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya.
5. Mutu udara ambien adalah kadar zat, energi, dan/atau komponen lain yang ada di udara bebas.
6. Status mutu udara ambien adalah keadaan mutu udara di suatu tempat pada saat dilakukan inventarisasi.

7. Baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan /atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaanya dalam udara ambien.
8. Emisi adalah zat, energi dan/atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan/atau dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar.
9. Sumber emisi adalah setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan emisi dari sumber bergerak, sumber bergerak spesifik, sumber tidak bergerak, maupun sumber tidak bergerak spesifik.
10. Sumber bergerak adalah sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berasal dari kendaraan bermotor.
11. Sumber tidak bergerak adalah sumber emisi yang tetap pada suatu tempat.
12. Baku mutu emisi sumber tidak bergerak adalah batas kadar maksimum dan/atau beban emisi maksimum yang diperbolehkan masuk atau dimasukkan ke dalam udara ambien.
13. Baku mutu emisi gas buang kendaraan bermotor adalah batas maksimum zat atau bahan pencemar yang boleh dikeluarkan langsung dari pipa gas buang kendaraan bermotor.
14. Kendaraan bermotor adalah kendaraan yang digerakkan oleh peralatan teknik yang berada pada kendaraan itu.
15. Kendaraan bermotor lama adalah kendaraan yang sudah diproduksi, dirakit atau diimpor dan sudah beroperasi di jalan wilayah Republik Indonesia.
16. Inventarisasi adalah kegiatan untuk mendapatkan data dan informasi yang berkaitan dengan mutu udara.
17. Menteri adalah Menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.

Oleh karena itu perlu inventarisasi sumber-sumber pencemar seperti jenis dan jumlah industri yang menghasilkan emisi. Alat yang banyak digunakan pada industri yang menghasilkan emisi pencemar yang telah disebutkan diatas yaitu

*scrubber*. *Scrubber* merupakan salah satu dari beberapa alat pengendali polusi udara atau emisi pada suatu instalasi yang konstruksinya secara umum adalah untuk mengendalikan partikel-partikel berupa padatan dan ataupun gas yang sifatnya dapat larut pada air.

### 2.2.3 Baku Mutu Kualitas Udara

Tahun 1971 US EPA menetapkan standar pertama untuk materi partikulat dalam *National Ambient Air Quality Standard* (NAAQS) dalam bentuk *Total Suspended Particulate* (TSP). Tahun 1987 standar tersebut diganti dengan PM<sub>10</sub> mengingat sifat aerodinamiknya, yaitu sebesar 50 µg/m<sup>3</sup> untuk rata-rata tahunan dan sebesar 150 µg/m<sup>3</sup> untuk rata-rata 24 jam. Tahun 1997, setelah banyak penelitian mengenai sifat aerodinamik PM<sub>2,5</sub> yang berkaitan erat dengan angka mortalitas dan morbiditas, maka ditetapkan standar untuk PM<sub>2,5</sub> adalah sebesar 15 µg/m<sup>3</sup> untuk rata-rata tahunan, dan 65 µg/m<sup>3</sup> untuk rata-rata 24 jam (Fierro (2000), PPRI No 41 Tahun 1999).

OSHA (*The Occupational Safety and Health Administration*) menetapkan baku mutu yang berlaku di lingkungan kerja. Batas aman untuk total partikulat yang bersifat umum (tidak diidentifikasi khusus) selama 8 jam TWA (*Time Weighed Average*) PEL (*Permissible Exposure Limit*) adalah 15 mg/m<sup>3</sup> dan 5 mg/m<sup>3</sup> untuk ukuran yang terespirasi. Partikulat dengan ketetapan khusus (terdapat keterangan toksikologis) ditetapkan TWA PEL sebesar 10 mg/m<sup>3</sup> untuk total partikulat, dan 5 mg/m<sup>3</sup> untuk ukuran terespirasi (OSHA, 1989). Indonesia telah mengatur baku mutu konsentrasi pencemar di udara ambien berdasarkan Peraturan Pemerintah No 41 Tahun 1999

Tabel 2.1 Standar Baku Udara Bersih

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
1	SO <sub>2</sub> (Sulfur Dioksida)	1 Jam	900 µg/m <sup>3</sup>
		24 Jam	365 µg/m <sup>3</sup>
		1 Thn	60 µg/m <sup>3</sup>
2	CO (Karbon Monoksida)	1 Jam	30.000 µg/m <sup>3</sup>
		24 Jam	10.000 µg/m <sup>3</sup>
		1 Thn	-
3	NO (Nitrogen Dioksida)	1 Jam	400 µg/m <sup>3</sup>
		24 Jam	150 µg/m <sup>3</sup>

		1 Thn	100 µg/m <sup>3</sup>
4	O <sub>3</sub> (Oksidan)	1 Jam	235 µg/m <sup>3</sup>
		1 Thn	50 µg/m <sup>3</sup>
5	HC (Hidrokarbon)	3 Jam	160 µg/m <sup>3</sup>
6	PM <sub>10</sub> (Partikel < 10 um )	24 Jam	150 µg/m <sup>3</sup>
	PM <sub>2,5</sub> ((Partikel < 2,5 um )	24 Jam	65 µg/m <sup>3</sup>
		1 Thn	15 µg/m <sup>3</sup>
7	TSP (Debu)	24 Jam	230 µg/m <sup>3</sup>
		1 Thn	90 µg/m <sup>3</sup>
8	Pb (Timah Hitam)	24 Jam	2 µg/m <sup>3</sup>
		1 Thn	1 µg/m <sup>3</sup>
9.	Dustfall (Debu Jatuh )	30 hari	10 Ton/km <sup>2</sup> /Bulan (Pemukiman)
			20 Ton/km <sup>2</sup> /Bulan (Industri)
10	Total Fluorides (F)	24 Jam	3 µg/m <sup>3</sup>
		90 hari	0,5 µg/m <sup>3</sup>
11.	Fluor Indeks	30 hari	40 µg/100 cm <sup>2</sup> dari kertas limed filter
12.	Khlorine & Khlorine Dioksida	24 Jam	150 µg/m <sup>3</sup>
13.	Sulphat Indeks	30 hari	1 mg SO <sub>3</sub> /100 cm <sup>3</sup> Dari Lead Peroksida

(sumber : digilib.itb.ac.id)

## 2.2.4 Pengertian Wet Scrubber

Sistem *scrubber* adalah kumpulan berbagai macam alat kendali polusi udara yang dapat digunakan untuk membuang partikel dan/atau gas dari arus gas keluaran industri. *Wet scrubber* adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan variasi alat yang menggunakan *liquid* untuk membuang polutan.

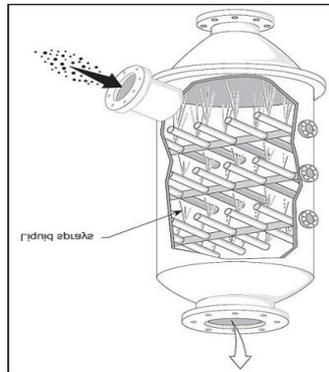
## 2.2.5 Jenis-jenis Wet Scrubber

### 1. *Spray Tower*

Tipe paling sederhana dari *Wet Scrubber* adalah *Spray Tower*, partikel yang ikut mengalir bersama aliran gas disemprot dengan air menggunakan *nozzle*. konstruksi tipe ini bisa ditempatkan secara horizontal atau vertikal. Berikut ini contoh dari *Spray Tower* dengan pemasangan secara vertikal.

*Spray nozzles* didesain untuk aliran likuid yang mempunyai bilangan *pressure drop* besar maupun kecil, untuk aliran likuid yang mempunyai *flow rate*

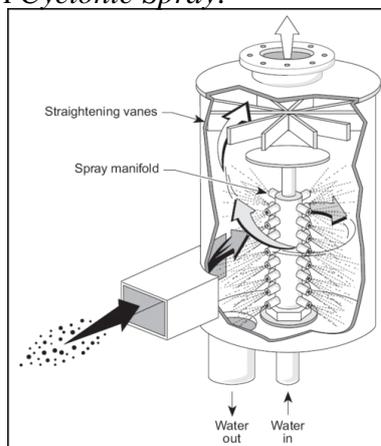
yang kecil, maka cross area kontaknya harus besar. Laju aliran yang mempunyai drop fals menentukan waktu kontak dan sirkulasinya. Disertai dengan influensasi mass transfer antara dua phase dan harus kontak terus-menerus. Hambatan pada transfer yaitu pada phase gas dikurangi dengan gerakan swirling dari falling likuid Doplets



Gambar 2.2 *Spray Tower*  
(sumber : [andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html](http://andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html))

## 2. *Cyclonic Spray*

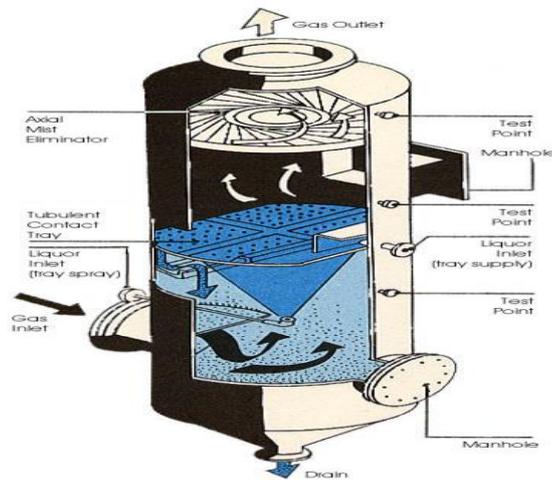
Perbedaan antara *Cyclonic Spray* dengan *Spray Tower* adalah dari segi konstruksi pada bagian aliran udara masuk ke *Scrubber*. *Cyclonic Spray* memiliki konstruksi bagian *inlet* gas yang dibuat pada posisi tangensial terhadap silinder *Scrubber* sehingga gas yang masuk akan mengalami aliran turbulen sehingga alirannya akan bersinggungan dengan dinding silinder *Scrubber*. Hal ini mengakibatkan gas yang mengalir bertambah kecepatannya. Sedangkan air yang disemprotkan berasal dari *nozzle* yang ditempatkan pada bagian tengah atas konstruksi *inlet* atau dari pipa yang ditempatkan ditengah sepanjang *Scrubber*. Berikut beberapa tipe dari *Cyclonic Spray*.



Gambar 2.3 *Irrigate Cyclone Scrubber* dan *Cyclonic Spray Scrubber*  
(sumber : [andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html](http://andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html))

### 3. Orifice Scrubber

Pada *Orifice Scrubber* gas yang mengalir melewati genangan air, sehingga partikel akan mengendap sedangkan untuk partikel berukuran lebih kecil pada kondisi basah partikel akan melekat dan jatuh pada pelat penghantar dan mengalir kembali ke genangan air. Beberapa tipe dirancang dengan pelat penghantar yang dapat disetel kemiringannya agar kecepatan aliran partikel dapat dikendalikan. Untuk membuang endapan sistem ini menggunakan proses mekanik yang dibuat pada bagian bawah genangan air. Endapan tersebut dibuang dengan penghantar yang aplikasinya seperti *conveyor* ke bagian luar *scrubber*. Tipe ini mampu menampung aliran gas diatas 50.000 cfm. Seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



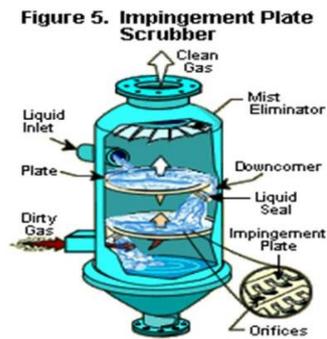
Gambar 2.4 *Orifice scrubber*

(sumber : [andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html](http://andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html))

### 4. Impingement Plate Scrubbers

Prinsip kerja dari alat ini adalah gas inlet, naik keatas menuju ruangan plate. Proses pengumpulan bertumpu pada tetesa droplet yang berasal dari baffle. Kecepatan gas 60 sampai 75 meter/detik melalui lubang mengakibatkan ribuan jet yang menyemprotkan suatu cairan yang cair ke dalam tetesan pada urutan 100 mikron untuk membersihkan kontaminan gas. *Scrubber Impinjet* mampu mengurangi gas polutan yang diinginkan jika jumlah pelat cukup pada tahapan yang digunakan. Gambar 2.5 menjelaskan tentang mekanisme operasi dari *Impingement Plate Scrubbers*.

## Impingement Plate Scrubbers

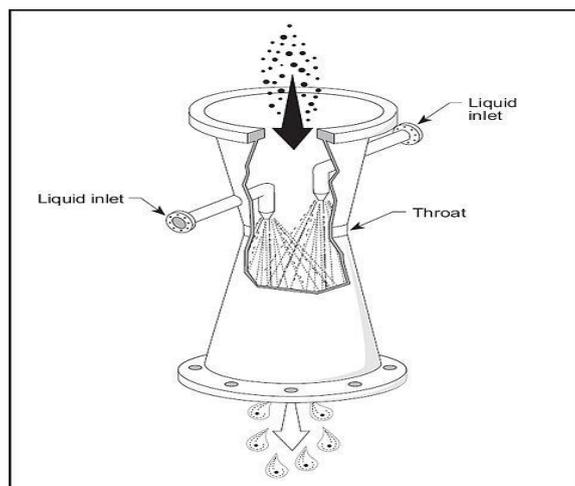


Gambar 2.5 Mekanisme Operasi *Impingement Plate Scrubbers*  
(sumber : [andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html](http://andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html))

*Outlet* gas dapat didinginkan sampai kurang dari  $5\text{ F}^\circ$  di atas suhu cairan yang masuk. Pelarut yang sering digunakan seperti alkohol, pentana, heksana, aseton, etilena glikol, klorofom, dan lain-lain. pelarut dingin digunakan sebagai kontak langsung kondensasi cair dan menghilangkan panas.

### 5. *Venturi Scrubbers for Fine Particulates*

Prinsip Operasi *Venturi Scrubbers* adalah gas yang masuk, kecepatannya menjadi tinggi ketika melewati *Throat* dan terjadi kontak dengan cairan. Cairan ini dikabutkan menjadi butiran halus yang menjebak partikulat efisiensi yang tinggi. Partikulat yang besar, berat, jatuh secara gravitasi. Tekanan pengeluaran, semakin tinggi efisiensi pengumpulan. Gambar 3.7 menjelaskan tentang mekanisme operasi dari *Venturi Scrubbers*.

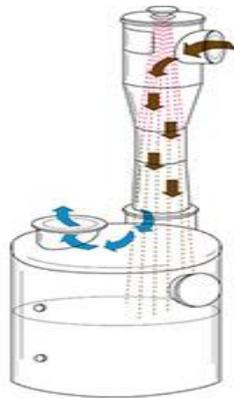


Gambar 2.6 Mekanisme Operasi *Venturi Scrubbers*  
(sumber : [andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html](http://andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html))

*Venturi Scrubber* menggunakan diferensial kecepatan tinggi gas dan aliran yang mengalir bebas untuk membuat tetesan agar dapat menjebak kontaminan, sehingga kontaminan berkumpul dan membentuk terkonsentrasi seperti lumpur. *Venturi Scrubber* juga bisa melakukan pembersihan aliran gas proses untuk menghilangkan minyak, debu dan partikulat lain. *Scrubber* ini membuka kesempatan untuk mendaur ulang gas-gas sebagai bahan bakar atau proses bahan baku.

#### **6. Eductor Venturi Scrubbers**

*Scrubber Eductor* adalah alat dirancang untuk menyisahkan gas dan partikulat oleh dorongan aliran gas menggunakan tekanan tinggi. Selain itu, *Eductor Scrubber* dapat digunakan untuk langsung menghubungi kondensasi.



Gambar 2.7 *Scrubber Eductor*  
(sumber : [andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html](http://andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html))

#### **2.2.6 Cara Kerja Wet Scrubber**

a) Impingement (pengontakan)

Suatu campuran gas dengan partikel solid (debu) masuk dengan cepat melalui inlet lalu dikontakkan dengan cairan dengan cara dispray sehingga partikel debu akan tersangkut dalam cairan.

b) Difusi (penyebaran)

Partikel-partikel solid tersebut dialiri oleh gas yang kemudian menyebabkan partikel tersebut menyebar berupa tetesan-tetesan.

c) Humidifikasi (melembabkan)

Tetesan-tetesan tersebut lalu diflotasikan (melayang) dengan cara humidifikasi, yaitu mengubah permukaan tetesan-tetesan tersebut menjadi

elektrostatik. Lalu memisahkannya berdasarkan ukuran tetes (besar dan kecil) secara mekanik. Cara seperti ini biasanya digunakan untuk debu berkonsentrasi tinggi dan tergantung pada kondisi spesifik debu dan gas-gas lain yang terlibat.

d) Kondensasi (pengembunan)

Apabila tetesan-tetesan itu telah mencapai dew point (titik pengembunan), maka akan terjadi peristiwa pengembunan. Proses yang dilakukan secara mekanik. ini akan mengembunkan tetesan lebih efektif dan ukurannya lebih seragam. Mekanisme ini penting untuk gas panas dengan konsentrasi debu yang kecil. Untuk konsentrasi yang lebih besar perlu ditambahkan jumlah proses kondensasi tersebut.

e) Wetting (pembasahan)

Proses ini sebenarnya tidak berperan penting dalam scrubber. Ini dilakukan agar tidak terjadi naiknya partikel debu setelah menjadi tetesan ( proses pembasahan dilakukan agar partikel-partikel debu yang telah menjadi tetesan tidak ikut keluar bersama gas lagi).

f) Partisi Gas (gas pendukung)

Jika pada suatu gas dilewatkan cairan atau busa, gas akan dipecah menjadi elemen – elemen yang kecil dimana jarak antara partikel yang tersuspensi dan cairan yang melingkupinya relative kecil. Dalam beberapa proses terjadi pemisahan yang diakibatkan oleh gaya gravitasi, dalam hal ini cairan bertindak sebagai awal pemisahan.

g) Dust Disposal (pembuangan debu)

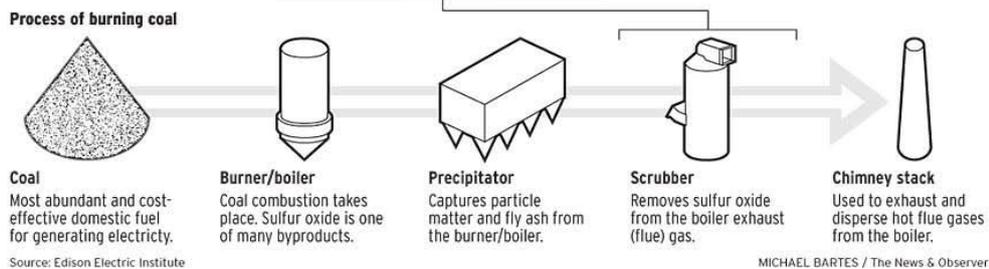
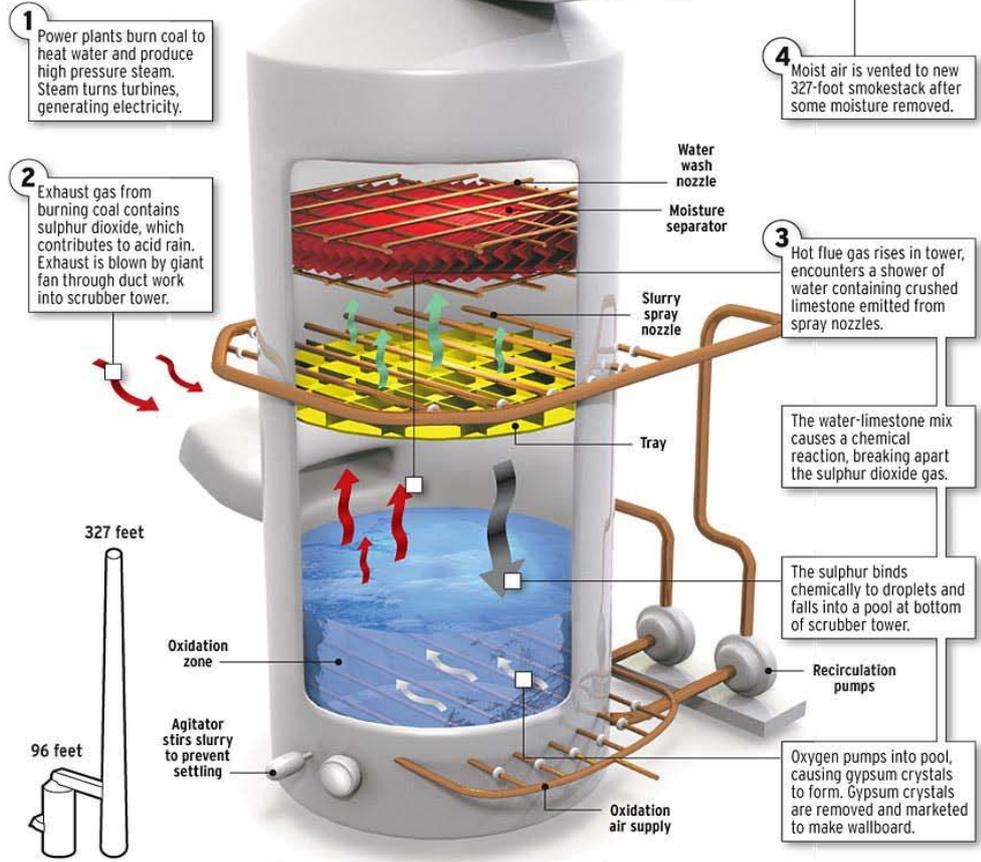
Dalam beberapa scrubber, cairan tidak dipisahkan oleh gas tetapi mengalir sebagai pengisi diatas permukaan. Terkecuali dari efek Humidifikasi dan Wetting adalah untuk membersihkan permukaan dan mencegah debu naik keatas, hasil yang nyata terjadi juga karena melibatkan tindakan mekanik yang spesifik.

h) Electronic Precipitation

Faktor ini juga berperan dalam proses scrubbing, namun mekanismenya sulit dipahami dan hanya untuk kondisi yang amat penting serta hanya terjadi dalam beberapa proses.

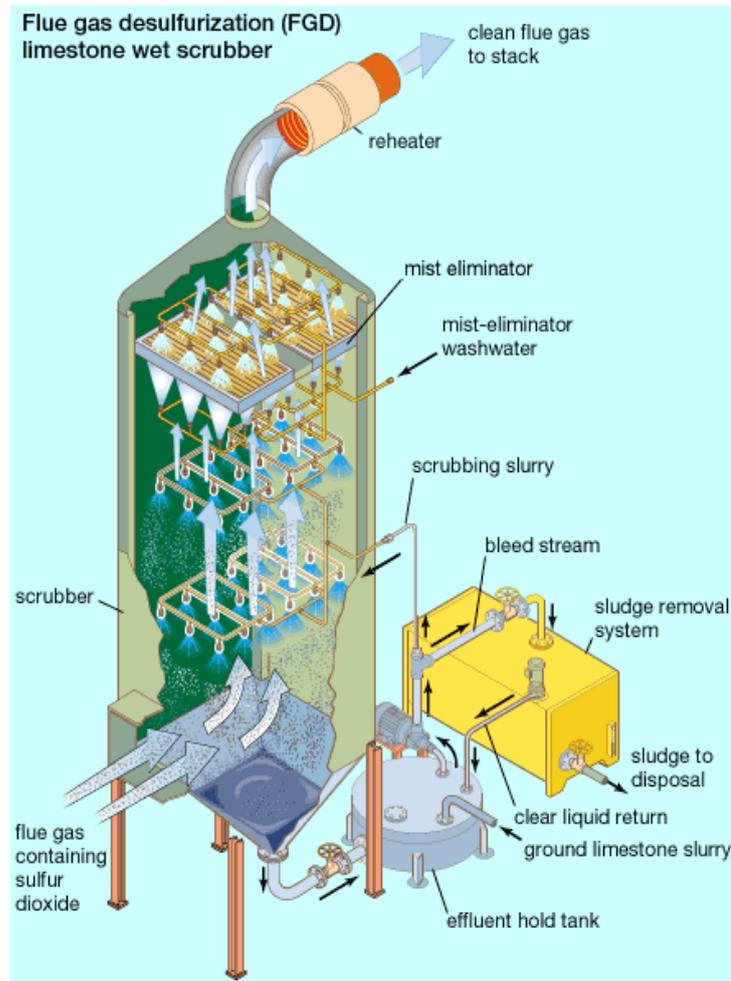
### HOW IT WORKS

A scrubber, like the one dedicated Wednesday by Progress Energy, reduces the emission of sulphur dioxide by using a filtration system.



Gambar 2.8 Cara Kerja Wet Scrubber

(sumber : [andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html](http://andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html))



Gambar 2.9 Cara Kerja *Wet Scrubber*  
 (sumber : [andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html](http://andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html))

#### 2.2.4 Keuntungan *Wet Scrubber*

Beberapa keuntungan dari scrubber basah antara lain :

1. Scrubber basah mempunyai kemampuan untuk menangani embun dan temperatur
2. Dapat mengurangi polutan udara yaitu penanggulangan emisi debu dan penanggulangan emisi senyawa pencemar yang dihasilkan oleh gas buang suatu industri dalam sekali proses.
3. Scrubber dapat menetralkan gas yang bersifat menghancurkan.